

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Vesa Järveläinen

BETONILATTIOIDEN JA PINNOITETTUIEN BETONILATTIOIDEN
KULUTUSKESTÄVYYDEN EROT JA KUSTANNUSTEN VERTAILU

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
(013) 260 6800

Tekijä

Vesa Järveläinen

Nimeke

Betonilattioiden ja pinnoitettujen betonilattioiden kulutuskestävyyden erot ja kustannusten vertailu

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tarkasteltiin koneellisesti käsiteltyjen jälkihoidettujen ja jälkihoitamattomien sekä pinnoitettujen betonilattioiden eroja ja vertailtiin niiden kustannusten eroja.

Kulutuskestävyyden koe suoritettiin Kymenlaakson Ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa Böhme-testin avulla, standardin SFS-EN 13892–3:2004 mukaisesti. Testissä käytetyt kuivasirotepinnoitteet olivat Basf-masterTop 100 natural ja Semtu-SemQuarz 300 sekä Litium-pohjainen betoninkäsittelyaine PentraSil 244+.

Kulutuseroja tarkasteltiin Böhme-testin tuloksilla ja millimetrimääräisellä kulutuserolla.

Kustannukset laskettiin internetin www-sivuilta löytyneiden hintatietojen ja puhelinkyselyjen perusteella Pohjois-Karjalassa sijaitsevilta yrityksiltä.

Työn tuloksena saatiin kuuden kulutusrasitetun koekappaleen tulokset ja lattioiden kustannusten erot.

Kieli

suomi

Sivuja 54

Asiasanat

Betonilattia, pinnoitettu betonilattia, kulutuskestävyys, kustannus.



THESIS
April 2015
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80220 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 6800

Author

Vesa Järveläinen

Title

Abrasion Resistance differences and cost comparison of Concrete Floors and the coated Concrete Floors.

Abstract

The thesis investigated mechanically treated Concrete Floors, the differences between floors with and without post-treatment and coated concrete floors as well as comparisons of the differences in the cost.

The wear resistance test was carried out in the laboratory of Kymenlaakso University of Applied Sciences with the concrete Böhme test, SFS-EN 13892-3:2004. The dryshake coatings used in the test were Basf-Mastertop 100 natural and Semtu-SemQuarz300, as well as lithium -based Concrete hardener, sealer and densifier PentraSil 244+.

Consumption differences examination was done with the help of the Böhme test results and the consumption differences in millimeters.

The cost calculations were done based on the price data found on the web pages of the producer found on the price data and telephone inquiry to the companies located in North Karelia.

The result was abrasion resistance test - track results on six test samples and the data on cost differences between the floors.

Language

Finnish

Pages 54

Keywords

Concrete floor, coating concrete floor, abrasion resistance, expense.

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Tausta	6
1.2	Tavoitteet	6
1.3	Rajaus	7
2	Kokeessa käytetyt pinnoitteet	7
2.1	Kuivasirotteiden koostumus	7
2.2	Sirotteiden laatuvaatimukset	8
2.3	MasterTop 100 tyypillisimpiä käyttökohteita	8
2.4	SemQuarz300 tyypillisimpiä käyttökohteita	9
2.5	Pentrasil 244+ pinnoitteen ominaisuuksia	9
3	Betonilattiat yleistä	10
3.1	Havaittuja virheitä ja puutteita lattian valutöissä	10
3.2	Laadukkaan Betonilattian toteutus	12
3.3	Betonilattioiden luokittelu	15
3.4	Suoruus ja tasaisuus	19
3.5	Kulutuskestävyys	20
3.5.1	Kulutuskestävyyden yleisimmät testimenetelmät	20
3.5.2	Kulutuskestävyys vaatimukset	21
3.5.3	Kulutuskestävyyden mittaus	21
3.5.4	VTT:n teräspyöräkoee	21
3.5.5	Böhme-testi	23
3.5.6	BCA-koee	24
3.6	Alusbetonille kohdistuvat vaatimukset	26
3.6.1	Betonin perusominaisuudet	27
3.6.2	Vesi-sementtisuhde	27
3.6.3	Työstettävyys ja notkeus	28
3.6.4	Ilmamäärä	29
3.6.5	Lujuus ja sitoutuminen	29
3.6.6	Notkistin	30
3.7	Jälkihoito	30
3.7.1	Jälkihoidon tarkoitus	31
3.7.2	Jälkihoidon suunnittelu	31
3.7.3	Jälkihoitomenetelmät	31
4	Suoritetut testaukset	32
4.1	Koekappaleiden valmistus	32
4.2	Böhme-testi laboratoriossa	33
4.2.1	Koekappaleet	35
4.2.2	Koekappaleiden mittaus ja punnitus	36
4.2.3	Mittaus tulokset	38
5	Tulokset	45
5.1	Tuloksissa huomioitava	45
5.2	Tulosten laskeminen	45
5.3	Kulutuskestävyyden Böhme-luokitus	47
6	Tulosten tarkastelu	47
6.1	Böhme-testin tulosten tarkastelu	47
6.1.1	Kulutuskokeen tulosten tarkastelu (mm)	48
6.2	Yhteenveto	49
6.3	Virhetarkastelu	50

7	Kustannuserot.....	50
7.1	Kustannuserojen tulokset.....	50
7.2	Kustannuserojen tarkastelu	52
8	Pohdinta.....	53
	Lähteet.....	54

Johdanto

1.1 Tausta

Betonilattiat aiheuttavat keskustelua vuodesta toiseen. Lattiarakenteiden vaatimukset, rakenneratkaisut, erityyppiset materiaalit, työskentely olosuhteet, tuotantomenetelmät ja betonimassojen laaja valikoima tuovat eteen laajan valintaviidakon, jotka asettavat suuren haasteen kaikkia osapuolia miellyttävään lopputulokseen pääsemiseksi, joka tuntuu joskus lähes mahdottomalta tehtävältä. Betonilattia on usein eniten rasitettu rakenneosa, joka hyvin toteutuessaan tuo käyttäjälleen hyvän mielen ja huonosti toteutuessaan pahan mielen. Betonilattian laatuvaatimukset perustuvat lattian käyttötarkoituksen mukaan. Betonilattian yleisin laatuvaatimus on hyvä kulutuskestävyys ja pölyämättömyys. Usein ei kuitenkaan Betonipintaisella lattialla päästä tarvittavaan kulutuskestävyyteen ja pölyämättömyyteen, joten tarvitaan erikoismenetelmiä. Kuivasirotteet on tehokas tapa toteuttaa pölyämätön ja kovaa kulutusta kestävä lattia. Kuivasirotteita on käytetty Suomessa vuodesta 1950 alkaen ja litium-pinnoitteita jo kymmeniä vuosia. Pinnoitteiden käyttö yleisestikin on viime vuosina lisääntynyt ja kysyntä näyttäisi tulevaisuudessa olevan nouseva trendi. Itse olen toiminut 8 vuotta betonilattia- ja betonityö alalla. Minulta kysytäänkin usein betonilattioiden pinnoitteiden eroista, tarpeellisuudesta ja mitä pinnoitetta olisi kuhunkin tilaan hyödyllistä laittaa? Niinpä päätin tehdä betonilattioiden ja pinnoitettujen betonilattioiden kulutuskokeen, tuomaan tietoa ja varmuutta pinnoite valintoihin. Tämänhetkiset tietoni perustuvat pinnoitteiden valmistajien antamiin ohjeisiin ja neuvoihin, sekä kokeneempien alan ammattilaisten mielipiteisiin ja omaan kahdeksan vuoden työkokemukseeni.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli saada käsitys pinnoitetun ja pinnoittamattoman betonilattian kulumisen aiheuttamista todellisista eroista, suhteessa kustannuksiin. Onko

taloudellisesti järkevää sijoittaa pinnoitteisiin? Paljonko niiden välinen kulutuskestävyyden ero on?

1.3 Rajaus

Työssä on keskitytty vertailemaan pinnoitetun betonilattian ja pinnoittamattoman betonilattian keskinäistä kulutuseroa, sekä jälkihoidon vaikutusta kulutuskestävyyteen puhtaassa betonipintaisessa lattiassa. Testasin ainoastaan kaksi yleisimmin käyttämääni sirotetta ja yhden litiumpohjaisen betonipinnoitteen. Valmiin lattian kustannukset ja kustannusten erot laskin Pohjois-Karjalassa vallitsevan, yleisen hintatason mukaan. Kustannuksissa on laskettu ainoastaan betonin levitystyö, koneellisesti terässiivekkein hierretyn pinnan teko ja pinnoiteaineet.

2 Kokeessa testatut pinnoitteet

2.1 Kuivasirotteiden koostumus

Kuivasirotteet ovat sementin, eri lisäaineiden ja erikoiskovien runkoaineiden kuten kvartsin, korundin, metallurginen kuona, metallin, piikarbidin tai näiden yhdistelmä. Kuivasirotteiden pääasiallinen tarkoitus on lisätä betonilattian pinnan kovuutta, tiiviyttä, kulutuskestävyyttä ja jossain määrin myös kemiallista kestävyyttä. Sirotteet ovat tehokas tapa lisätä betonilattian kulutuskestävyyttä, koska kuivasirotteella voidaan saavuttaa jopa viisinkertainen pinnan kovuus verrattuna pinnoittamattomaan betonilattiaan. Sirotteita voidaan käyttää sekä sisätiloissa että ulkotiloissa. DIN-standardi 18560 jakaa sirotteet kolmeen ryhmään:

- luonnonkiviaines (kvartsi), kuona tai näiden sekoitus (A)
- metalliset runkoainekset (M)
- alumiinioksidit, piikarbidit (KS)

(bly.fi).

Sirotteissa käytettävä sementti on korkean lujuusluokan sementti. Se koostuu 95 % Portland-klinkkeristä ja 5 % sivuosa-aineista. Värillisissä sirotteissa käytetään Portland-sementin sijaan valkosementtiä. Valkosementti on Portland-sementtiä puhtaampaa ja sillä saadaan aikaan tasasävyisempi väritulos. Värisävyt sirotteissa saadaan aikaan käyttämällä muun muassa erilaisia epäorgaanisia väripigmenttejä. (bly.fi)

2.2 Sirotteiden laatuvaatimukset

Eurooppalaisen rakennustuoteasetuksen mukaan on kuivasirotteiden oltava CE-merkittyjä koko Euroopan Unionin alueella ja niillä tulee olla suoritustasoilmoitus (DoP). (bly.fi)

Suomessa kuivasirotteet noudattavat olemassa olevaa tuotestandardia SFS-EN 13813, joka määrittää tasoitemassojen ja lattiatasoitteiden ominaisuudet ja laatuvaatimukset. (Suomen Betonilattiayhdistys.fi.)

2.3 MasterTop 100:n tyypillisimpiä käyttökohteita

MasterTop 100 tuotetta suositellaan teollisuuden lattioihin, joissa on kevyt- tai kohtalainen kulutusrasitus, kuten mm.

- pohjakerrokset ja kellarit
- pysäköintihallit ja pysäköintialueet
- lastauslaiturit
- varastotilat ja käytävät
- hallit ja autotallit

(master-builders-solutions.basf.fi.).

2.4 SemQuartz 300:n tyypillisimpiä käyttökohteita

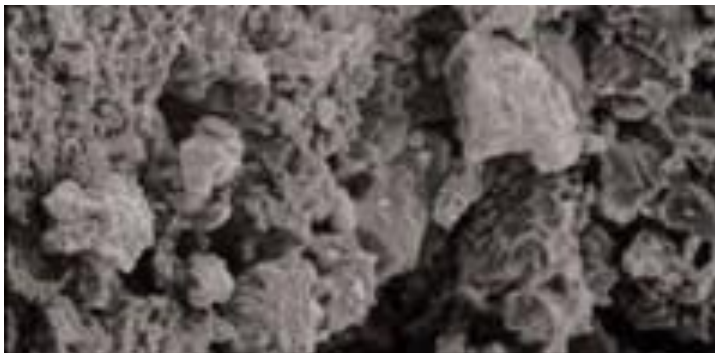
SemQuartz 300 soveltuu pintavahvisteeksi lattioihin joihin, kohdistuu liikennekuormitusta tai tuotannosta tulevaa rasitusta, kuten mm.

- paikoitustilat
- varastot
- kevyen teollisuuden betonilattiat

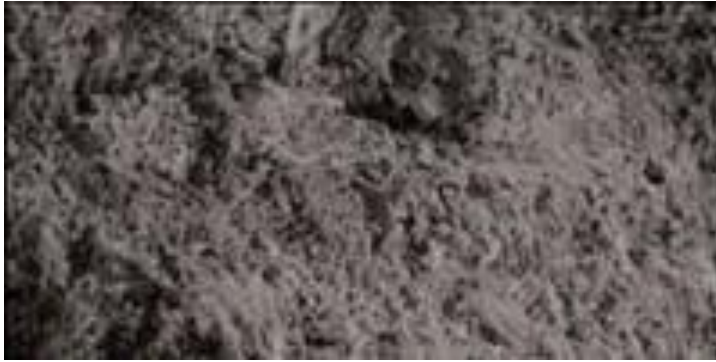
(semtu.fi.).

2.5 PentraSil 244+ -pinnoitteen yleisimpiä ominaisuuksia

PentraSil 244+ pinnoite on litium-pohjainen betonin käsittelyaine, joka muodostaa betoniin kirkkaita, lasimaisia, erittäin kovia ja liukenemattomia yhdisteitä ja muokkaa betonin tiiviiksi, kovaksi sekä pölyämättömäksi. PentraSil 244+ täyttää USA:n teollisuusstandardin (NCHRP 244) vaatimukset suojauksesta kloridi-ionien betoniin tunkeutumista vastaan. Sen antama suojaus on yli 90 prosenttinen. Käsitelty pinta on helppo pitää puhtaana ja käsittely antaa suojan myös mikro-organismeja sekä jäätymis- ja sulamisilmiötä vastaan. Käsitellyn betonin alkaalisuus säilyy, joten betonin karbonatisoituminen hidastuu merkittävästi. Käsittely on hajuton, myrkytön ja ympäristöystävällinen. Käsitellyn betoniin aikaansaamat muutokset ovat pysyviä. Suurennetut kuvat käsittelemättömästä ja käsitellystä betonin pinnasta on esitetty kuvissa 1 ja 2. (pentra.fi.)



Kuva 1. Käsittelemätön betoni. (pentra.fi.)



Kuva 2. Käsitelty betoni. (pentra.fi.)

Valmistaja on sertifioitu 9001 ja 14001 laatuvaatimusten mukaisesti.

Käsittelyt voidaan tehdä sekä uusiin että jo olemassa oleviin pysty- ja vaakabetonipintoihin. Kuten esimerkiksi:

- varastot
- tehtaat
- jakelukeskukset
- myymälät
- pysäköintitalot
- satamat
- laiturit
- betoniset ajotiet ja ajoluiskat

(Pentra.fi.).

3 Betonilattiat yleistä

3.1 Havaittuja virheitä ja puutteita lattian valutöissä

Oman työurani varrella olen havainnut, että betonilattian teko ei aina suju niin kun toivottu. Seuraavassa muutamia havaitsemiani puutteita ja virheitä

betonilattioiden teossa, mitkä olisi voitu välttää ennakoon tehdyllä huolellisella valutapahtuman suunnittelulla.

- **Vääränlainen betonimassa, ei sovellu käyttötarkoitukseensa.**
Esimerkiksi liian suuri tai pieni kiviaineksen raekoko, liian paljon huokostettu (jos käytetään sirotetta). Sirote ei tartu alusbetoniin tai lähes valmiiseen käsiteltyyn pintaan muodostuu ilmakuplia.
- **Tilattu betonin siirto / kuljetuskalusto on vääränlainen.**
Esimerkiksi liian pieni betonin pumppausauto, ei ylety valukohteeseen tai ”rännivalussa” liian lyhyt valukouru.
- **Tilattua betonia on liian vähän.** Ei ole laskettu todellista massan menekkiä, eikä huomioitu mahdollista hukkaa. Betoniasema ei välttämättä ole osannut varautua pikaiseen ylimääräiseen massan toimitukseen. Betonin ”ylimääräinen” odotus korostuu isoilla valu-alueilla, kantavissa rakenteissa, kuivasirotteita käytettäessä, kun valu on pitkän matkan päässä betonin toimittajasta, sekä kylmissä että kuumissa valuolosuhteissa. (valusaumat).
- **Puutteelliset olosuhteet.** Esimerkiksi liian kylmä, lämmin, puutteellinen valaistus, vesisade, lumisade tai tuuli. Kylmä hidastaa betonin sitoutumista merkittävästi ja pahimmillaan tapahtuu jäätyminen. Kylmät valuolosuhteet myös lisäävät veden nousua betonin pinnalle, vaikeuttaen lujan ja tiiviin pinnan tekemisen tai tekee sen jopa mahdottomaksi. Liika lämpö ja tuuli kuivattaa betonin liian äkkiä (suuri halkeilu- ja käyristymisriski).
- **Puutteelliset liikuntasauamat.** Työmaalla ”pikaisesti” tehty, ei ole teknisesti toimivia ja - tai niiden sijainti on väärä. Ei ole oikeassa korkomaailmassa. Ovat vääränlaiset, ei ole käyttötarkoitustaan vastaava (trukki liikenne jossa on kovat pyörät, aiheuttaa kovia iskuja liikuntasaumoille ja betonille).

- **Valupaksuuden suuret vaihtelut.** Pohjatyöt on tehty epätarkasti.
- **Valutapahtuman laiteviat.** Esimerkiksi ei ole varalla sauvatärytintä tai niiden toimintaa ei ole testattu ennakoon.
- **Raudoituksen epäkeskeisyys.** Ei sovita tekemään haluttuun valukorkoon.
- **Valukorko on väärä.** Voi aiheuttaa kalliita ja aikaa vieviä jälkitöitä.
- **Aikataulujen päällekkäisyydet.** Esimerkiksi nosturin tarve. (Nosturi on valutyössä ja elementtikuorman purkutyössä yhtä aikaa).
- **Liiallinen kiire.** Pilaa lähes kaiken. (Sisältää kaikki edellä mainitut virheet/puutteet).

3.2 Laadukkaan betonilattian toteutus

Tässä osiossa käsitellään oikeaa tapaa toteuttaa laadukas betonilattia. Lattiatyön suunnittelun lähtökohtana on koko työmaan urakkaohjelma ja yleisaikataulu. Lattian tekemiseen on varattava aikaa niin, että myös betonin jälkihoidolle, kovettumiselle ja kuivumiselle jää riittävästi aikaa, eikä lattiaa kuormiteta liian varhain. Lattiatöiden suunnittelussa ja ajoituksessa on huomioitava, että epäsuotuisissa olosuhteissa korkeiden laatuvaatimusten saavuttaminen on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Ennen jokaisen lattiatyön aloitusta järjestetään eri osapuolten yhteinen aloituskokous. Aloituspalaveriin kutsutaan päätösvaltainen edustaja ainakin seuraavilta osapuolilta:

- rakennuttaja
- pääurakoitsija
- lattiaurakoitsija
- betonin toimittaja
- rakennesuunnittelija

(by 45/BLY 7 2014, 129.).

Tarvittaessa tilojen tulevan käyttäjän tulisi olla paikalla laatutavoitteita ja olosuhteita koskevan tiedon täsmentämiseksi ja jakamiseksi. Tarpeen mukaan aloituspalaveriin voidaan kutsua myös muita osapuolia. (by 45 / BLY 7, 129).

Kokouksen ensisijaisena tavoitteena on laadun varmistaminen, käymällä läpi urakkaan liittyvät asiat niin, että kaikilla osapuolilla on selvä ja yhdenmukainen käsitys työn toteutukseen liittyvistä asioista. Aloituskokous pidetään hyvissä ajoin, että muutosten toteuttamiseen jää riittävästi aikaa. Aloituskokouksessa käsitellään tarvittavassa laajuudessa seuraavat asiat:

- työtä varten laaditut suunnitelmat ja asiakirjat (työselostukset, piirustukset)
- urakka- ja vastuurajat
- laatuvaatimukset (myös luokittelemattomat laatutekijät)
- laadun toteamiseksi käytettävät menetelmät
- urakoitsijan laatujärjestelmä tai työmaakohtainen laatusuunnitelma
- betonin ominaisuudet
- valuolosuhteet ja säänsuojan tarve
- materiaalitoimitukset ja varastointi
- ajoreitit, työjärjestys ja betonointisuunnitelma, mukaan lukien betonin siirto, betonin tiivistystapa, pinnan viimeistely ja jälkihoitotoimenpiteet
- toimittavat tehtaat, varautuminen häiriöihin (varatehdas, varapumppu), toimitusnopeus
- rakenteelliset yksityiskohdat ja erityistä tarkkuutta tai poikkeavaa työtekniikkaa edellyttävät kohteet
- aikataulu
- urakan liittyminen muihin työvaiheisiin
- vastuuhenkilöt ja yhteystiedot
- työn aikana tehtävistä ja suunnitelmista poikkeavista muutoksista päättävät henkilöt
- urakoitsijan vastattavana olevat laatudokumentit
- lattian käyttöönotto (kuormittaminen, muut työvaiheet)

- lattian huolto-ohjeet ja luovuttaminen tilaajalle

(by 45 / BLY 7 2014, 129.).

Kokouksesta laaditaan pöytäkirja, jonka tilaaja ja urakoitsija allekirjoittavat. Pöytäkirja toimitetaan kaikille osanottajille tiedoksi. (by 45 / BLY 7 2014, 129).

Työalueen vastaanoton yhteydessä lattiaurakoitsija ja tilaaja tarkastavat yhdessä tulevan lattian alustasta, ympäröivästä työtilasta sekä laadituista suunnitelmista:

- korkeustasot (alusta, raudoitus, pinta, lattiakaivot, kallistukset yms.)
- alustan kantavuus, tasaisuus
- lämmöneristys (materiaali ja asennus)
- raudoitus
- saumarakenteet ja varaukset
- alustaa mahdollisesti rajaamaan tuleva muovikalvo, suodatinkangas tms.
- tilaajan tehtäviin sovitut valmistelevat työt ja mahdolliset suojaukset
- kiinnitetyn pintalattian alustaksi jäävän betonipinnan laatu ja pinnan vetolujuus
- valutilan lämpötila, suhteellinen kosteus ja eristäminen/sulkeminen
- alustan lämpötila, myös nurkka-alueilla
- valaistus- ja lämmitysolosuhteet
- sääsuojauksen tarve jos valu ulkona

(by 45 / BLY 7 2014, 130.).

Vastaanottokatselmuksessa varmistetaan, että valulosuhteet ovat sovitunlaiset ja että betonointi on mahdollista toteuttaa suunnitellusti. Työalueen vastaanottokatselmuksesta tehdään pöytäkirja. (by 45 / BLY 7 2014, 130).

3.3 Betonilattioiden luokittelu

Valmiin lattian tulee mahdollistaa tilassa suunniteltu toiminta rakenteen koko käyttöönsä. Tilan käyttötarkoitus on siten lattian suunnittelun tärkein lähtötieto. Käyttötarkoituksen perusteella määritellään lattiaan kohdistuvat kuormat, rasitukset ja laatuvaatimukset. Kuormien, rasitusten ja laatuvaatimusten perusteella valitaan lattian mitoitus peruste. Maanvarainen lattia ei ole kantava rakenne, joten suunnittelussa ja mitoituksessa noudatetaan eurokoodeja soveltuvien osin. (by 45 / BLY 7 2014, 50).

Monesti betonilattioiden ongelmien syynä on, että esitetyt laatuvaatimukset ovat olleet olemattomia, puutteellisia tai peräti virheellisiä. Lattiarakenteisiin erikoistuneen konsultin käyttö jo hankesuunnittelussa vähentäisi näitä ongelmia. Ensisijaisesti tulee varmistaa, että valmis betonilattia mahdollistaa tilassa suunnitellun toiminnan. Laatuvaatimukset määräytyvät siis lattian käyttötarkoituksen mukaan. Laatuvaatimuksia ovat mm.

- suoruus
- kulutuskestävyys
- halkeilu
- säilyvyys
- pölyämättömyys
- puhdistettavuus ja hygieenisuus
- iskunkestävyys
- kemiallinen kestävyys
- liukkaus
- ulkonäkö
- kosteus (pinnoitettavuus)
- sähkönjohtavuus
- lammikoitumattomuus

(by 45 / BLY 7 2014, 16.).

Eri käyttötarkoitukset asettavat erilaisia vaatimuksia lattialle. Teollisuus- ja varastorakennuksissa lattia on yleensä tärkein yksittäinen rakenneos. Elintarviketeollisuudessa puhdistettavuus, hygieenisuus ja kemiallinen kestävyys ovat monesti keskeisiä vaatimuksia. Monumentaalirakennuksissa ulkonäköseikat kuten värisävy, värisävyn tasaisuus ja vähäinen halkeilu voivat nousta keskeisiksi laatuvaatimuksiksi. Lattioiden alustavassa suunnittelussa selvitetään mm.

- lattian toiminnalliset vaatimukset
- lattiaan kohdistuvat kuormat sekä mekaaniset ja kemialliset rasitukset
- lattian pinnoitus- tai päällystystarve
- lattian rakenteellinen toimintatapa
- muut vaatimukset

(by 45 / BLY 7 2014, 16.).

Toiminnallisista vaatimuksista tärkeimpiä ovat kulutuskestävyys ja tasaisuus. Lattiaan kohdistuvia mekaanisia rasituksia ovat esimerkiksi liikennekuormitus, hankaus ja iskukuormitukset. Betonirakenteiden säilyvyyteen liittyviä rasituksia ovat karbonatisoitumisen ja kloridien aiheuttama teräskorroosioriski, jäätymis-sulamisrasitus ja kemiallinen rasitus. Kun kaikki lattiaan ja sen pintaosaan kohdistuvat toiminnalliset laatuvaatimukset ja rasitukset on määriteltä, ne analysoidaan ja asetetaan tärkeysjärjestykseen. (by 45 / BLY 7 2014, 16-17).

Betonilattioiden keskeiset laatuvaatimukset esitetään suunnitelmissa erillisen luokitusjärjestelmän avulla. Tarvittaessa tulee myös esittää kyseisten laatuvaatimusten tärkeysjärjestys. Mikäli lattia pinnoitetaan tai päällystetään, ilmoitetaan suunnitelmissa myös pinnoitteen tai päällysteen alusbetonille asettamat vaatimukset. (by 45 / BLY 7 2014, 17).

Lattioita suunnitellessa ja rakennettaessa lähtökohtana tulee olla, että lattioissa esiintyy aina jonkin verran halkeilua. Halkeilua tulee rajoittaa siten, ettei se huononna rakenteen asianmukaista toimintaa tai säilyvyyttä tai vaikuta ulkonäköön tavalla, joka ei ole hyväksyttävä. Sallittu halkeamaleveyden raja-

arvo määritetään ottamalla huomioon rakenteen aiottu toiminta ja luonne sekä halkeamaleveyden rajoittamiskustannukset. (by 45 / BLY 7 2014, 145).

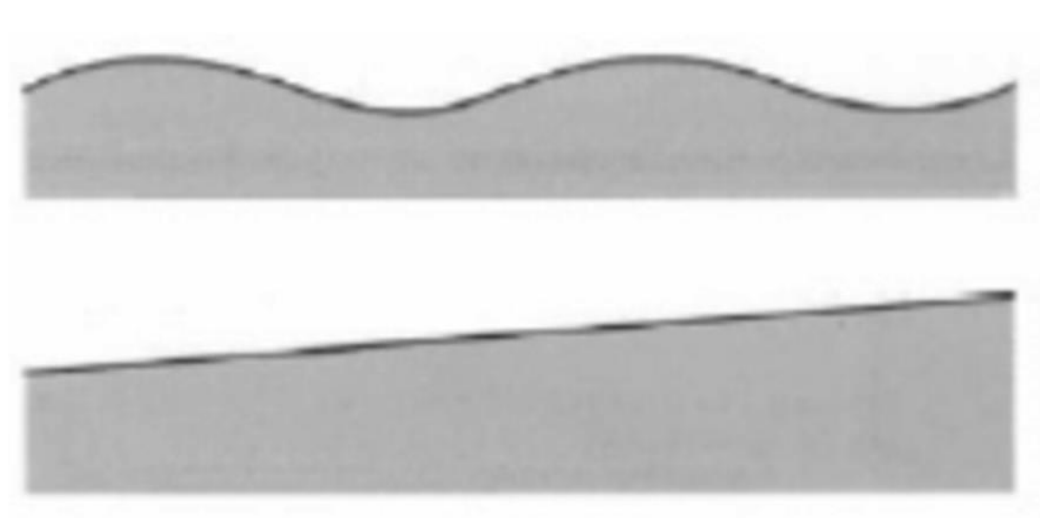
Kunkin kohteen tasaisuuden, kulutuskestävyyden ja muiden laatutekijöiden luokitukset on esitetty taulukossa 1.

- 1) Jos lattia tasoitetaan tasoitteella tai päällystetään lattiapäällysteellä, sovelletaan tasaisuusvaatimuksia ennen tasoittamista tai lattiapäällysteen asentamista.
- 2) Lujuusluokka suositellaan valittavaksi mieluiten rakenteellisten vaatimusten mukaisesti (vähintään K30) ottaen kuitenkin huomioon mm. työmenetelmä.
- 3) Pinnan karheus on tärkeä laatutekijä liukkausvaaran takia. Kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita.

3.4 Suoruus ja tasaisuus

Vaatimukset lattian vaakasuoruudelle ja tasaisuudelle riippuvat tilan suunnitellusta toiminnasta. Lattia tulee olla riittävän suora, että liikkuvien ja paikallaan olevien laitteiden käyttö on mahdollista ja vedenpoisto toimii kaltevissa lattioissa. Suoruutta verrataan vaakasuoraan tasoon tai, jos lattia on kalteva, nimelliskaltevuuteen (kuva 3). (by 45 / BLY 7 2014, 17).

Betonilattian tasaisuus ilmoitetaan kirjaimin A_0 , A, B, C, joista A_0 on vaativin (taulukko 3). (by 201 2014, 404).



Kuva 3. Tasaisuus ja suoruus (by 45 / BLY 7 2014, 18).

Lattiapinnan tasaisuuden arvosteluperusteena käytetään lattian hammastusta ja aaltoilua, mutta ei pinnan karheutta. Tasaisuudella tarkoitetaan lattiapinnan korkoeroja (kuoppaisuutta tai aaltoilua) kahden toisiaan lähellä olevan, noin

200...300 mm etäisyydellä olevan pisteen välillä. Lattian suurimmat sallitut tasaisuuspoikkeamat on esitetty taulukossa 3. Mittaustapa on esitetty SisäRyl:ssä. Tasaisuus mitataan ohjekortin RT 14-11039 mukaisesti, käyttäen mittalautaa ja kiiloja. Tällöin arvioidaan ainoastaan tasaisuutta, ei suoruutta ja lattian soveltuvuutta pinnoitettavaksi tai päällystettäväksi. Lattian tulee SisäRyl 2012 mukaan ennen tasaisuuden tarkistusta täyttää tämän ohjeen suoruusvaatimukset. (by 45 / BLY 7 2014, 18).

Kuvan 3 ylemmässä kuvassa lattia on vaakasuora mutta ei tasainen ja alemmassa kuvassa tasainen mutta ei vaakasuora.

Taulukko 3. Lattian suurimmat sallitut tasaisuuspoikkeamat (by 201 2004, 407).

Tasaisuuspoikkeama	Mittausluokka L (mm)	Suurin sallittu poikkeama (mm)			
Tasaisuusluokka		A _o	A	B	C
Hammastus		0	0	1	1
Poikkeama vaakasuoruudesta tai nimelliskaltevuudesta	enintään 200	1	2	3	4
	enintään 700	2	4	6	8
	enintään 2000	4	7	10	14
	enintään 7000	7	10	14	20
	yli 7000	10	14	20	28

3.5 Kulutuskestävyys

3.5.1 Kulutuskestävyyden yleisimmät testimenetelmät

Kulumisella tarkoitetaan testauslaitteen aiheuttamaa kulumista käsittelemättömällä betonipinnalla tai lopullisella pinnoitetulla betonipinnalla, jos pintakäsittelyn tavoitteena on kulutuskestävyyden parantaminen.

Laatumäärittelyissä tulee aina kertoa tarkoitetaanko käsiteltyä vai käsittelemätöntä pintaa. (by 45 / BLY 7 2014, 19).

Kolme yleisintä kulutus kestävyyttä mittaavaa testiä ovat VTT:n teräspyöräkoe, Böhme-testi ja BCA-koe.

3.5.2 Kulutuskestävyys vaatimukset

Rakennettavan kohteen suunnitelmissa esitetään tapa jolla kulutuskestävyys tarvittaessa todennetaan. Pääasiallinen menetelmä kulutuskestävyyden mittaamiseen on VTT:n teräspyöräkoe. Menetelmä ei ole standardoitu, eikä tuloksia voi verrata muitten menetelmien tuloksiin. (by 45 / BLY 7 2014, 19).

3.5.3 Kulutuskestävyyden mittaus

Kulutuskokeita tehdään tarvittaessa yksi jokaista alkavaa 5000 m² kohti. Kulutuskestävyyskoe tehdään aikaisintaan 3 kuukauden kuluttua lattian valuista, jos betonin kypsyysikä t_{20} on vähintään 50 vuorokautta. Kulutuskestävyyskoetta ei tavallisesti tehdä, ellei perustellusti epäillä, että lattia ei täytä kulutuskestävyydelle asetettuja laatuvaatimuksia. Tässä opinnäytetyössä esitetyt kulutuskestävyyskokeet eivät vastaa nastarenkaiden aiheuttamaa rasitusta, eivätkä siten anna luotettavaa kuvaa pysäköintilaitosten lattioiden kulutuskestävyydestä ja käyttöiästä. . (by 45 / BLY 7 2014, 20).

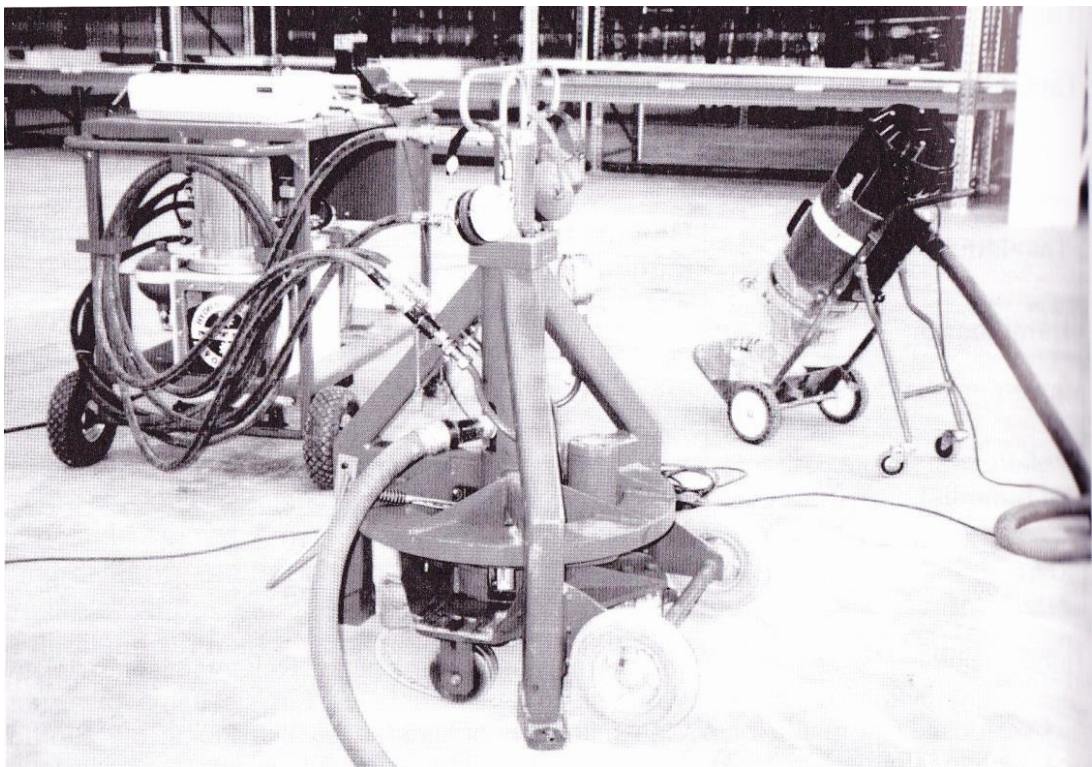
3.5.4 VTT:n teräspyöräkoe

Kokeet tehdään kuvan 4 mukaisella laitteella paikan päällä. Laitteessa on 3 teräspyörää, joiden halkaisija 110 mm ja leveys 50 mm. Pyörät kiertävät ympyrää, jonka halkaisija on 500 mm pyörän jäljen keskeltä mitattuna. Pyörät ovat ympyrän kehään nähden 5° kulmassa ulospäin. Kuormittava voima on 3 kN kutakin pyörää kohti. Kokeessa irronnut aines imetään pois yhden pyörän perässä liikkuvalla suulakkeella.

Kulutusta lisäävää hioma-ainesta pyörien ja betonin välissä ei käytetä. Kokeen kesto on 2000 kierrosta. Koe voidaan lopettaa aikaisemminkin, jos vaaditun luokan sallitut kulumisarvot on ylitetty. Mittaustulos ilmoitetaan 0,1 mm tarkkuudella. Kulutuskestävyys suositellaan testattavaksi kaikissa 1- ja 2-luokan lattioista. Muissa luokissa tutkimus tehdään vain, kun siihen todetaan olevan erityistä aihetta. 4-luokan lattiaa tehtäessä on esimerkiksi vesihionnan onnistuminen usein käytännössä riittävä osoitus kulutuskestävyydestä. . (by 45 / BLY 7 2014, 20).

Taulukko 4. Lattian kulutuskestävyysluokat (by 201 2004, 408).

Luokka	1	2	3	4
Suurin sallittu kuluminen (mm)				
2000 kierrosta	1	3	6	-
800 kierrosta	-	-	-	8



Kuva 4. Betonilattioiden kulutuskestävyyden mittauslaite. (by 201 2004, 408).

3.5.5 Böhme-testi

Böhme-testi kuvaa hyvin sementtipohjaisten kovia runkoaineita sisältävien pinnoitteiden kestävyyttä hiovaa, pyörivää ja iskevää rasitusta vastaan. Böhme-testi on standardoitu SFS-EN 13892–3:2004, kulutuskestävyyttä mittaava testi. (by 45 / BLY 7 2014, 21).

Kuivasirotteiden toimittajien ilmoittamat kulutuskestävyyden Böhme-arvot on tehty pelkälle sirotemassalle. Kyseiset kulutuskestävyysarvot eivät siten vastaa sirotepintaisen betonilattian kulutuskestävyysarvoa. Sirotteiden osalta menetelmää voidaan käyttää eri sirotetyyppien vertailuun ja niiden luokitteluun valittaessa sirotetta kulutuskestävyyden kannalta. Esimerkiksi metallisten sirotteiden Böhme-luokan tulee olla alle $3 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3$. Menetelmää käytetään myös kovabetonipintauksen kulutuskestävyyden mittaukseen. Kokeet tehdään kuvan 5 mukaisella laitteella laboratoriossa. Koetta varten lattiasta otetaan edustava määrä, vähintään 3 kappaletta/valualue, sivumitoiltaan $71 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ kuutioita. Koestettavan pinnan tulee olla tasainen ja vaakasuora. Laite koostuu kulutuslevystä, koekappaletta paikallaan pitävästä telineestä ja vipuvarsijärjestelmästä, jonka avulla kappale painetaan 294 N voimalla kulutuslevyä vasten. Koekappaleen ja kulutuslevyn välissä käytetään korundipohjaista hioma-ainetta. Kokeen aikana kulutuslevyä pyöritetään 22 kierrosta 16 jakson ajan. Aina 22 kierroksen jälkeen koekappale käännetään 90° , kulutuslevy ja koekappaleen kulutuspinta puhdistetaan sekä hioma-aine vaihdetaan. Kuluminen ilmoitetaan tilavuuden muutoksena ($\text{cm}^3 / \text{cm} 50 \text{ cm}^3$). (by 45 / BLY 7 2014, 21).



Kuva 5. Böhme mittauslaite. (by 45 / BLY 7 2014, 21).

3.5.6 BCA-koe

BCA-koe on standardoitu SFS-EN 13982-4 mukainen kulutusta mittaava testi, joka muistuttaa suuresti VTT:n teräspyöräkoetta. Testi on kehitetty englannissa ja käytetään siellä betonilattioiden kulutuskestävyyden arvostelussa. Koe on huomattavasti kevyempi kuin vastaava suomalainen. (by 45 / BLY 7 2014, 22).

BCA-koe tehdään kuvan 6 mukaisella laitteella.



Kuva 6. BCA-laite (by 45 / BLY 7 2014, 22).

BCA-kokeen hyvä puoli on, että kulutuskestävyys testataan paikan päällä valmiista lattiasta (by 45 / BLY 7 2014, 22).

BCA-kulutuskestävyys ilmoitetaan kirjaimilla "AR" (Abrasion Resistance) (SFS-EN 13813 2002; SFS-EN 13982-4). Taulukossa 5 on esitetty BCA-kulutuskestävyyden luokitukset.

Taulukko 5. Standardiin BS 8204–2:2002 perustuva lattian kulutuskestävyysluokitus. (by 45 / BLY 7 2014, 22).

Luokka	Rasitustyyppi	Toiminta	Sallittu kuluminen (mm)
AR 0,5 (special)	Erittäin voimakas kulutus, teräs-, nailon tai neopreenipyöräinen trukkiliikenne tai laahausrasitus.	Jätteenkäsittelylaitokset, terästehtaat raskas konepajateollisuus ja hyvin intensiivisessä käytössä olevat varastot.	0,05
AR 1	Hyvin voimakas kulutus, teräs, nailon- tai neopreenipyörien liikenteestä, tai iskukuormitus. Kumipyöräinen trukkiliikenne alueilla jossa lattialla on hankaavaa materiaalia.	Raskas teollisuus ja intensiivisessä käytössä olevat varastot.	0,1
AR 2	Voimakas kulutus, nailon tai neopreenipyöräinen liikenne.	Keskiraskas teollisuus ja liikerakennukset.	0,2
AR 4	Kohtalainen kulutus, kumipyöräliikenne.	Kevyt teollisuus ja liikerakennukset.	0,4

3.6 Alusbetonille kohdistuvat vaatimukset

Nykyään sirotteiden alla käytetään säilyvyysmitoituksesta johtuen paljon vesisideainerajoitettuja betoneja. Rajoitetut vesisideainesuhteet ($\leq 0,55$) voivat johtaa sopimattomaan yhdistelmään sirotteiden kanssa, jolloin sirotteiden käyttöä on syytä harkita kyseisissä kohteissa tarkoin. Mikäli alusbetonin

ominaisuudet eivät ole sirotteille oikeanlaiset, pienenee onnistuneen sirotelattian aikaansaaminen (bly.fi).

3.6.1 Betonin perusominaisuudet

Hyvän lattiabetonin perusominaisuuksia ovat oikea runkoaineen raekoko, kohtuullinen pastamäärän käyttö ja massan notkeuden hallitseminen. Lattiabetonien runkoaineena käytettävän kiviaineksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat rakeisuus ja raemuoto, suurin raekoko ja kiviaineksen kulutuskestävyys. Rakeisuus ja raemuoto vaikuttavat massan työstettävyyteen ja tiiviyyteen, mutta niillä on suuri merkitys myös lattiabetonin kulutuskestävyyteen. Hyvä maksimiraekoko lattiabeteilla on ≥ 12 mm. Kalliosta tai sorakivestä murskatut ja seulotut kiviaineet, joiden raekoko on välillä 16–32 mm, soveltuvat parhaiten myös sirotteiden alla käytettävään alusbetoniin (bly.fi).

Betonissa käytettävän kiviaineksen tulee olla CE-merkittyä ja standardin SFS-EN 12620 mukaista. Ellei kiviaines ole CE-merkittyä, tulee betonin valmistajan huolehtia ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuksen suorittajan valvonnassa siitä, että edellä mainittuihin standardeihin sisältyvät valmistajan laadunvalvonnan testaukset on tehty (bly.fi).

3.6.2 Vesi-sementtisuhte

Kuivasirotteet tarvitsevat vettä alusbetonista toimiakseen. Esimerkiksi jos käytettävä sirotemäärä on 6 kg/m^2 , on sirotteen sisältävän sementin reaktioon tarvittavan veden määrä arvioitu olevan noin 1 l/m^2 . Tämän vuoksi olisi suositeltavaa käyttää sirotteiden kanssa hieman korkeampaa vesisementtisuhdetta sisältävää betonia. Tämä on hankalaa, sillä veden lisäämisessä on aina ongelmia ja rakenteiden rasitusluokkamääräysten on täyttyttävä. Veden lisäyksen seurauksena betonin sitoutuminen hidastuu, lujuus heikkenee ja runkoaineen erottumisherkyys voi lisääntyä eri työvaiheissa. Veden lisääminen lisää myös kuivumiskutistumaa. Kohtuutonta veden

lisäämistä betoniin tulee siksi välttää. Suositeltava vesisementtisuhte sirotteiden kanssa on $>0,5$ (bly.fi).

3.6.3 Työstettävyys ja notkeus

Yksi hyvän lattiabetonin tärkeimmistä ominaisuuksista on sen työstettävyys. Betonin notkeudella vaikutetaan massan työstettävyyteen. Notkuteen vaikuttavat betonissa käytetty runkoaineen raekoko, vesisementtisuhte ja lisäaineena käytetyt notkistimet. Lattiabetonin oikea notkeus saavutetaan, kun alusbetoni sitoutuu halutulla nopeudella, betoni on teknisesti toimivaa ja lattian hierto voidaan suorittaa sille optimaaliseen aikaan. Jos lattian työstö tapahtuu käsin, vaikuttaa betonin notkeus työn tehokkuuteen ja sujuvaan edistymiseen. Kohteissa, joissa lattiatyö tapahtuu koneellisesti tai joissa betonimassa voidaan pumppuvalun sijasta levittää suoraan betoniauton valukourulla, voi betoni olla jäykempää. On kuitenkin muistettava, että oikean lattiabetonin notkeuden löytäminen on kompromissi, joka täytyy aina tarkastella tapauskohtaisesti (bly.fi).

Hyvän lattiabetonin notkeus on kohtuullinen. Kohtuullista notkeutta vastaa luokka S3. Jos levitys ja tiivistys suoritetaan tärypalkilla tai muulla voimakkaalla täryttimellä, voi massan notkeus olla S2. S2 notkeusluokka on nykyään käytännössä poistunut käytöstä, joten betonintoimittajien suositus notkeudesta on S3. Yleensä liian notkea betoni (S4 tai S5) aiheuttaa runkoaineen erottumisherkkyttä erittäin voimakkaan tärytyksen kanssa. Mikäli betoni sisältää teräskuituja ($\geq 30 \text{ kg/m}^3$), voidaan käyttää notkeusluokkaa S3, sillä teräskuitujen käyttö sitkistää betonia jonkin verran. Betonimassan runkoaineen erottuminen aiheuttaa pintaan heikomman kerroksen, jolloin lattiasta tulee epähomogeeninen ja sirotteen irtoamisen riski kasvaa (bly.fi).

3.6.4 Ilmamäärä

Ilmamäärän liiallista lisäämistä ei suositella sirotteiden käytön yhteydessä. Betonin liiallinen ilmamäärä saattaa aiheuttaa ongelman sirotteen tarttuvuuteen sen alusbetoniin, koska suuri huokosmäärä voi nostaa kuplia betonin pintaan. Tällöin betonin ja sirotteen välillä muodostuu tyhjä tila. Betonin liiallista huokostamista on muutenkin vältettävä, sillä karkeasti on arvioitu yhden prosentin ilmamäärän lisäyksen aiheuttavan noin viiden prosentin puristuslujuuden alenemista betonissa (bly.fi).

Sirotevalmistajien yleinen ohje sirottelattibetonien maksimi-ilmamäärästä on noin 3-5 prosenttia. Eri sirotevalmistajat antavat hieman toisistaan poikkeavia ohjeita liittyen betonin ilmamääriin. Jouduttaessa käyttämään normaalia korkeampia ilmamääriä, tulee ottaa yhteyttä sirotetoimittajan edustajaan ja tiedustella kyseisen betonin soveltuvuutta sirotteen käytön kanssa. Alusbetonin ilmamäärä suositellaan tarkastettavaksi työmaalla. Ilmamäärän tarkistus on suoritettava vähintään ensimmäisestä työmaalle saapuvasta massaerästä (bly.fi).

3.6.5 Lujuus ja sitoutuminen

Sirotteen alusbetonin suositeltava lujuusluokka on C25/30. Tämä siksi, että korkeampien lujuusluokkien kanssa on havaittu ongelmia sirotteen kiinnittyvyyden kanssa. Korkeita lujuusluokkia joudutaan käyttämään erityisesti kylmien pysäköintitilojen kohdalla, joissa säilyvyysuunnittelu edellyttää lattiabetoneilta alhaista vesisementtisuhdetta (bly.fi).

Korkeampien betonin lujuusluokkien ja sirotteiden yhteiskäytön ongelmana on betonin vähäinen vesimäärä ja sen seurauksena liian nopea sitoutuminen. Betonin nopean sitoutumisen seurauksena, varsinkin kesäaikana, pintaa ei ehditä hiertää auki riittävän ajoissa, jolloin sirote joudutaan levittämään hieman kuivuneelle pinnalle. Vähäisen vesimäärän vuoksi betonista ei vapaudu pintaan

riittävästi sirotteen tarvitsemaa kosteutta, jolloin osa sirotteesta jää ilman tartuntareaktioon vaadittavaa kosteutta (bly.fi).

3.6.6 Notkistin

Liiallisen notkistimen käyttö ei ole suositeltavaa, koska sen käyttö vähentää veden nousua pintaan, vaikka notkeus ja työstettävyyds olisivat hyviä. Tällöin ongelmat ilmenevät vasta betonin sitoutumisen alkaessa, jolloin alusbetonissa oleva kosteus ei riitä kostuttamaan suunniteltua sirotemäärää. Liiallinen notkistimen käyttö ylisuuressa betoniluokassa voi lisätä betonin runkoaineen erottumisriskiä. Tällöin ongelmaksi voi tulla heikomman kerroksen muodostuminen sirotteen alle, jonka seurauksena sirotteen irtoamisen riski kasvaa. Lisäksi liiallisen notkistimen käyttö voi nostaa notkistavaa ainetta betonin pintaan. Jotkut nostimet myös hidastavat betonin sitoutumista erityisesti viileissä tai kylmissä tiloissa. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, kun sirotepinta sitoutuu nopeasti, mutta alla oleva betoni ei kestä hietokoneiden tuomaa painoa (bly.fi).

3.7 Jälkihoito

Betonilattian jälkihoidolla on merkittävä rooli lattiarakenteelle asetettujen vaatimusten täyttymisessä. Puutteellinen jälkihoito saattaa aiheuttaa muuten erinomaisesti toteutetun työn epäonnistumisen sekä lattialle asetettujen laatuvaatimusten täyttymättä jäämisen. Käytäntönä on pidettävä, että jälkihoito aloitetaan ainakin ennen seuraavaa aamua. Siitä huolimatta yleinen tapa aloittaa jälkihoito on valupäivästä seuraavana aamuna. Pinnan kastelulla ja muovikelmujen levityksellä tulee kyseeseen vain erityisen suotuisissa olosuhteissa. Tutkimukset sekä käytäntö ovat osoittaneet, että betonilattian jälkihoito tulee aloittaa vaativissa olosuhteissa jo betonipinnan oikaisun yhteydessä tapahtuvalla varhaisjälkihoidolla. Tuoreen valun pinta ei saa päästä kuivumaan liiaksi ennen jälkihoidon aloitusta. Tästä syystä parhaaseen

tulokseen päästään, kun jälkihoito aloitetaan heti (by 45 / BLY 7 2014, 166-167).

3.7.1 Jälkihoidon tarkoitus

Jälkihoito on oikeiden kosteus- ja lämpötilaolosuhteiden varmistamista sekä betonin suojaamista ulkoisilta rasituksilta kovettumisen alkuvaiheessa. Jälkihoidon ensisijaisena tarkoituksena on estää betonipinnan liian aikainen kuivuminen. Betonilattian oikealla ja huolellisella jälkihoidolla vaikutetaan myönteisesti mm. seuraaviin tekijöihin.

- pinnan lujuus ja kulutuskestävyys
- pinnan tiiviys
- pinnan pölyävyys
- pintalattian tarttuvuus alustaan
- päällystettävyys
- halkeiluriski

(by 45 / BLY 7 2014, 167.).

3.7.2 Jälkihoidon suunnittelu

Hyvään lopputulokseen pyrittäessä betonilattiatöiden suunnittelun osana tulee laatia betonin jälkihoito-ohjelma, jossa määritetään valuolosuhteiden perusteella varhaisjälkihoidon tarve ja varhaisjälkihoidon menetelmä, varsinaisen jälkihoidon menetelmä, jos se poikkeaa edellisestä, sekä jälkihoidon kesto. Lisäksi suunnitelmaan nimetään em. toimenpiteiden vastuuhenkilöt ja työn valvonta (by 45 / BLY 7 2014, 166-167).

3.7.3 Jälkihoitomenetelmät

Jälkihoitomenetelmiä on useita erilaisia ja niillä on omat erikoispiirteensä sekä soveltuvuusalueensa. Jälkihoitomenetelmää valittaessa tulee ottaa huomioon jälkihoidolle asetetut tavoitteet, betonointiolosuhteet, käytettävät työmenetelmät, betonin ominaisuudet, lattioiden pinnoitettavuus/päällystettävyyys sekä pinnan laatuvaatimukset. Jälkihoitomenetelmät voidaan jakaa suoritusajankohdan mukaan varhaisjälkihoitoon, joka tehdään jo betonipinnan oikaisun yhteydessä ja hiertojen välissä, sekä perinteisesti suoritettuun hiertojen jälkeiseen jälkihoitoon (by 45 / BLY 7 2014, 167).

4 Suoritetut testaukset

4.1 Koekappaleiden valmistus

Betonimassan toimitti Lakan betoni Joensuusta. Koekappaleiden valu suoritettiin sisätiloissa Lakan betonin elementtitalissa, joten sääolosuhteet eivät vaikuttaneet kokeen lopputulokseen. Kokeessa käytetyn betonimassan laatu on esitetty taulukossa 6.

Betoni tasattiin laudasta tehtyyn muottiin jonka alusmateriaalina olivat vanerilevyt ja vanerilevyjen ja betonin välissä oli muovi. Betonin saavuttaessa riittävän sitoutumisen, aloitettiin betonipinnan koneellinen hierto. Ensin hierrettiin lautasella betonin pinta auki ja lisättiin kahteen koevalualueeseen kuivasirotteet (5 kg/m^2). Lautashiertoa jatkettiin kunnes betonin pinta oli sopivan kuiva ja kova, että voimme aloittaa koneellisen teräs-siipi hierron. Teräs-siipihiertoa jatkettiin kunnes pinta oli valmis. Tämän jälkeen aloitettiin välittömästi jälkihoitotyöt. Jälkihoitomenetelmänä käytettiin vesi + muovi yhdistelmää ja ruiskutettavaa jälkihoitoainetta. Jälkihoitoaine tyyppi on esitetty taulukossa 7. Yksi koe-alue jätettiin tarkoituksella ilman jälkihoitoa.

Taulukko 6. Kokeessa käytetty betonimassan laatu.

Suhteitusryhmä	Lujuusluokka	Notkeusluokka	Raekoko	
Lattiamassa	C25/30	S3	16 mm	
Käyttöikä	Rasitusluokka	Sideaineet	Lisäaineet	
50 vuotta	XC3	cem 1 52,5 N cem 2 42,5 N	GLE	403, vaikutus: tehonotkistin
Vesi-sementtisuhte (w/c) = 0,61				

4.2 Böhme-testi laboratoriossa

Tässä osiossa käsitellään laboratoriossa tehtyjä kulutuskestävyyskokeita. Betonisia koekappale-kuutioita testattiin Böhme-testillä. Böhme-testi suoritettiin Kymenlaakson Ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa Kotkassa. Kokeita tehtiin yhteensä 6 kappaletta, kuudelle eri tavalla käsitellylle koe-kuutiolle. Koekappale tyypit on esitetty taulukossa 7.

Kuvassa 7 on Böhme-testi meneillään, testattavana koekappale numero kolme. Koekappaleen ja kulutuslevyn välissä käytetään (20 g) korundipohjaista hioma-ainetta (kuva 8) ja (kuva 9).



Kuva 7. Böhme-laite.



Kuva 8. Korundipohjaisen hioma-aineen punnitseminen.



Kuva 9. Hioma-jauhe kulutuslevyllä.

Kokeen aikana kulutuslevyä pyöritetään 22 kierrosta 16 jakson ajan. Aina 22 kierroksen jälkeen koekappale käännetään 90° ja kulutuslevy ja koekappaleen kulutuspinta puhdistetaan, kappaletta painava vipuvarsijärjestelmä säädetään vaakatasoon vatupassilla ja hioma-aine vaihdetaan. Kuluminen ilmoitetaan tilavuuden muutoksena ($\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$). Böhme-luokat ovat A 22 ja A 1,5 välillä, jossa luokka A 1,5 on vaativin. Merkintä "A" (Abrasion).

4.2.1 Koe-kappaleet

Koe-kappaleet ovat samasta koe-valu alueesta, samasta betonimassa erästä. Koe-kappaleet sahattiin sivun pituudeltaan $71 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ kokoisiksi kuutionmuotoisiksi kappaleiksi. Ennen kulutuskoetta koe-kappaleet mitattiin ja punnittiin sekä määritettiin niiden tiheys.

4.2.2 Koe-kappaleiden mittausta ja punnitus

Ennen koe-kappaleiden korkeuden mittausta suoritettiin tyhjän mittalaatikon kalibrointimittaus. Sen jälkeen mitattiin koe-kappaleiden korkeus. Koe-kappaleet täytyy asettaa aina samaan asentoon kun niitä mitataan, kulutuskoepinta ylöspäin. Kuva 10.



Kuva 10. Mittalaatikko ja koe-kappale 4.

Mittaukset suoritetaan mittalaatikon numeroiduista rei'istä: 1, 2, 4, 12, 13 ja 15. Kuvassa 11 on esitetty mittalaatikko.



Kuva 11. Mittalaatikon numeroidut reiät.

Koe-kappaleiden korkeuden mittauksen jälkeen mitattiin koe-kappaleet kulutuskoestettavalta sivulta pinta-alan määrittämiseksi. Kolme mittausta kultakin sivulta. Saatujen keskiarvomittojen perusteella laskettiin koe-kappaleiden pinta-alat.

Koe-kappaleiden massan määrittäminen tehtiin kalibroidulla puntarilla, jonka tarkkuus on 0,1 grammaa.

Pinta-alan ja massan määrittämisen jälkeen laskettiin koe-kappaleiden tiheys ρ .

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

jossa

m kappaleen massa, g

V tilavuus, mm³

ρ tiheys, g/mm³

4.2.3 Mittaustulokset

Kaikkien koe-kappaleiden testausikä vaatimus täyttyy, eli vähintään 90 vuorokautta. Kaikki koe-kappaleet ovat standardin SFS-EN 13892–3:2004 vaatimissa toleransseissa, eli $(71 \pm 1,5)$ mm. Kaikki testissä käytetyt mittalaitteet olivat virallisia ja kalibroituja.

Koe-kappaleiden massan vaihteluväli oli 799,1 - 841,4 g. Pinta-alan vaihteluväli oli 5083,87 - 5157,79 mm². Tilavuuden vaihteluväli oli 357853,9 - 370054,1 mm³. Tiheyden vaihteluväli oli 0,002233 – 0,00230 g/mm³.

Koe-kappale 1. Betonipinta, ei jälkihoitoa. Mittaustulokset ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET					
Testauspäivämäärä: 19.11.2014					
Testattavan kappaleen ikä: 102d					
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mitta)					
Reikä:			Kappaleen korkeus	Kap.kork.keskim.	
1	110,45	mm	70,37	mm	70,39
2	110,46	mm	70,43	mm	
4	110,48	mm	70,49	mm	
12	110,50	mm	70,39	mm	
13	110,50	mm	70,37	mm	
15	110,57	mm	70,29	mm	
Koekap. 1					
Reikä:	Mittaus ennen testiä		Mittaus testin jälkeen	Korkeuden muutos	Kork.muut
1	40,08	mm	42,58	mm	-2,5
2	40,03	mm	42,53	mm	-2,5
4	39,99	mm	42,67	mm	-2,68
12	40,11	mm	42,58	mm	-2,47
13	40,13	mm	42,47	mm	-2,34
15	40,28	mm	42,47	mm	-2,19
Ennen testiä		Testin jälkeen			
Massa	799,1	g	772,5	g	
Mitta:a		Mitta:b			
Pinta-ala	71,61	mm	71,12	mm	
	71,56	mm	71,22	mm	
	71,43	mm	70,87	mm	
Keskiarvo	71,53333	mm	71,07	mm	
Pinta-ala	5083,874	mm ²			
Tilavuus	357853,9	mm ³			
Tiheys	0,002233	g/mm ³			

Koe-kappale 2. Betonipinta, jälkihoitoaine Masterkure 112. Mittaustulokset ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET					
Testauspäivämäärä: 19.11.2014					
Testattavan kappaleen ikä: 102d					
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mittaus)					
Reikä:			Kappaleen korkeus	Kap.kork.keskim.	
1	110,45 mm		70,94 mm	70,85 mm	
2	110,46 mm		70,59 mm		
4	110,48 mm		71,42 mm		
12	110,50 mm		70,95 mm		
13	110,50 mm		70,56 mm		
15	110,57 mm		70,62 mm		
Koekap. 2					
Reikä:	Mittaus ennen testiä		Mittaus testin jälkeen	Korkeuden muutos	Kork.muut.keskim.
1	39,51 mm		42,28 mm	-2,77 mm	-2,67 g
2	39,87 mm		42,45 mm	-2,58 mm	
4	39,06 mm		42,28 mm	-3,22 mm	
12	39,55 mm		42,21 mm	-2,66 mm	
13	39,94 mm		42,37 mm	-2,43 mm	
15	39,95 mm		42,33 mm	-2,38 mm	
	Ennen testiä		Testin jälkeen	Massan kokonais menetys	
Massa	832,5 g		800,6 g	31,9 g	
	Mitta:a	Mitta:b	Massat syklien jälkeen:		
Pinta-ala	71,02 mm	71,90 mm	4 syk	824,1 g	
	71,04 mm	71,88 mm	8 syk	816,5 g	
	71,00 mm	71,77 mm	12 syk	809,5 g	
Keskiarvo	71,02 mm	71,85 mm	16 syk	800,6 g	
Pinta-ala	5102,79 mm ²				
Tilavuus	361515,45 mm ³				
Tiheys	0,00230 g/mm ³				

Koe-kappale 3. Pinnoite, PentraSil 244+. Mittaustulokset ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET									
Testauspäivämäärä: 19.11.2014									
Testattavan kappaleen ikä:		102d							
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mittaus)									
Reikä:			Kappaleen korkeus	Kap.kork.keskim.					
1	110,45 mm	71,15 mm	71,10 mm						
2	110,46 mm	71,03 mm							
4	110,48 mm	71,31 mm							
12	110,50 mm	71,17 mm							
13	110,50 mm	71,13 mm							
15	110,57 mm	70,80 mm							
Koekap.		3							
Reikä:	Mittaus ennen testiä	Mittaus testin jälkeen	Korkeuden muutos	Kork.muut.keskim.					
1	39,3 mm	41,71 mm	-2,41 mm	-2,29 mm					
2	39,43 mm	41,72 mm	-2,29 mm						
4	39,17 mm	41,52 mm	-2,35 mm						
12	39,33 mm	41,63 mm	-2,30 mm						
13	39,37 mm	41,75 mm	-2,38 mm						
15	39,77 mm	41,78 mm	-2,01 mm						
Ennen testiä		Testin jälkeen	Massan kokonais menetys						
Massa	827,9 g	803,1 g	24,8 g						
Mitta:a		Mitta:b	Massat syklien jälkeen:						
Pinta-ala	71,21 mm	71,39 mm	4 syk	821,5 g					
	71,61 mm	71,29 mm	8 syk	814,9 g					
	71,52 mm	71,21 mm	12 syk	809 g					
Keskiarvo	71,44667 mm	71,29667 mm	16 syk	803,1 g					
Pinta-ala	5093,91 mm ²								
Tilavuus	362168,45 mm ³								
Tiheys	0,00229 g/mm ³								

Koe-kappale 4. Betonipinta, jälkihoitona vesi + muovi. Mittaustulokset, ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET									
Testauspäivämäärä: 19.11.2014									
Testattavan kappaleen ikä: 102d									
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mitta)									
Reikä:			Kappaleen korkeus		Kap.kork.keskim.				
1	110,45	mm	71,07	mm	71,00	mm			
2	110,46	mm	71,13	mm					
4	110,48	mm	71,1	mm					
12	110,50	mm	70,93	mm					
13	110,50	mm	70,96	mm					
15	110,57	mm	70,82	mm					
Koekap. 4									
Reikä:	Mittaus ennen testiä		Mittaus testin jälkeen		Korkeuden muutos		Kork.muut.keskim.		
1	39,38	mm	41,82	mm	-2,44	mm	-2,39	mm	
2	39,33	mm	41,63	mm	-2,3	mm			
4	39,38	mm	42,02	mm	-2,64	mm			
12	39,57	mm	42,01	mm	-2,44	mm			
13	39,54	mm	41,81	mm	-2,27	mm			
15	39,75	mm	41,99	mm	-2,24	mm			
	Ennen testiä		Testin jälkeen		Massan kokonais menetys				
Massa	829,3	g	801,2	g	28,1	g			
	Mitta:a		Mitta:b		Massat syklien jälkeen:				
Pinta-ala	71,3	mm	71,90	mm	4 syk	821,4	g		
	71,24	mm	72,21	mm	8 syk	814,4	g		
	71,14	mm	72,45	mm	12 syk	807,7	g		
Keskiarvo	71,22667	mm	72,18667	mm	16 syk	801,2	g		
Pinta-ala	5141,62	mm ²							
Tilavuus	365063,28	mm ³							
Tiheys	0,00227	g/mm ³							

Koe-kappale 5. Pinnoite, MasterTop 100. Mittaustulokset ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET									
Testauspäivämäärä: 19.11.2014									
Testattavan kappaleen ikä:		102d							
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mitta)									
Reikä:			Kappaleen korkeus		Kap.kork.keskim.				
1	110,45 mm		71,66 mm		71,75 mm				
2	110,46 mm		71,67 mm						
4	110,48 mm		71,83 mm						
12	110,50 mm		71,81 mm						
13	110,50 mm		71,64 mm						
15	110,57 mm		71,87 mm						
Koekap.	5								
Reikä:	Mittaus ennen testiä		Mittaus testin jälkeen		Korkeuden muutos		Kork.muut.keskim.		
1	38,79 mm		39,76 mm		-0,97 mm		-0,97 mm		
2	38,79 mm		39,92 mm		-1,13 mm				
4	38,65 mm		39,53 mm		-0,88 mm				
12	38,69 mm		39,61 mm		-0,92 mm				
13	38,86 mm		39,77 mm		-0,91 mm				
15	38,70 mm		39,71 mm		-1,01 mm				
	Ennen testiä		Testin jälkeen		Massan kokonais menetys				
Massa	829,4 g		816,9 g		12,5 g				
	Mitta:a		Mitta:b		Massat syklien jälkeen:				
Pinta-ala	71,34 mm		71,98 mm		4 syk	825,1 g			
	71,57 mm		72,32 mm		8 syk	822,2 g			
	71,67 mm		72,03 mm		12 syk	819,5 g			
Keskiarvo	71,52667 mm		72,11 mm		16 syk	816,9 g			
Pinta-ala	5157,79 mm ²								
Tilavuus	370054,09 mm ³								
Tiheys	0,00224 g/mm ³								

Koe-kappale 6. Pinnoite SemQuarz 300. Mittaustulokset ennen testiä ja testin jälkeen.

MITTAUS TULOKSET									
Testauspäivämäärä: 19.11.2014									
Testattavan kappaleen ikä: 102d									
Tyhjän mittalaatikon etäisyys kannesta (kalibrointi mitta)									
Reikä:			Kappaleen korkeus		Kap.kork.keskim.				
1	110,45	mm	72,33	mm	72,14	mm			
2	110,46	mm	72,11	mm					
4	110,48	mm	72,62	mm					
12	110,50	mm	72,08	mm					
13	110,50	mm	71,9	mm					
15	110,57	mm	71,79	mm					
Koekap. 6									
Reikä:	Mittaus ennen testiä			Mittaus testin jälkeen		Korkeuden muutos	Kork.muut.keskim.		
1	38,12	mm		40,5	mm	-2,38	mm	-2,17	mm
2	38,35	mm		40,55	mm	-2,2	mm		
4	37,86	mm		40,42	mm	-2,56	mm		
12	38,42	mm		40,49	mm	-2,07	mm		
13	38,60	mm		40,57	mm	-1,97	mm		
15	38,78	mm		40,61	mm	-1,83	mm		
	Ennen testiä			Testin jälkeen		Massan kokonais menetys			
Massa	841,4	g		817,2	g	24,2	g		
	Mitta:a		Mitta:b		Massat syklien jälkeen:				
Pinta-ala	71,33	mm	71,06	mm	4 syk	835,1	g		
	71,42	mm	71,66	mm	8 syk	829,6	g		
	71,12	mm	71,83	mm	12 syk	823,4	g		
Keskiarvo	71,29	mm	71,51667	mm	16 syk	817,2	g		
Pinta-ala	5098,42	mm ²							
Tilavuus	367791,75	mm ³							
Tiheys	0,00229	g/mm ³							

5 Tulokset

5.1 Tuloksissa huomioitava

Kuivasirotteiden toimittajien ilmoittamat kulutuskestävyyden Böhme-arvot on tehty pelkälle sirotemassalle. Kyseiset kulutuskestävyysarvot eivät siten vastaa sirotepintaisen betonilattian kulutuskestävyysarvoa. (Suomen betonilattiayhdistys 2014.)

Koekappaleiden numeroinnin tarkoitus ja määrä on kerrottu taulukossa 7.

5.2 Tulosten laskeminen

Standardin SFS-EN 13892–3:2004 mukaan kuluminen ilmoitetaan tilavuuden muutoksena. Kuluminen ilmoitetaan pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$. Tässä testissä yksikkönä käytettiin $1000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$.

Kaava:

$$\Delta V = \Delta m / \rho R \quad (2)$$

jossa

ΔV on tilavuuden muutos (mm^3)

Δm on massan menetys 16 jakson jälkeen (g)

ρR on koekappaleen tiheys tai monikerroksisten kappaleiden tapauksessa kulutuskerroksen tiheys (g / mm^3)

Taulukko 7. Laboratoriokokeissa testattujen koe-kuutioiden tyypit.

Koe-kuutio tyyppi	Koe-kappaleiden lkm
1. puhdas betonipinta: ei jälkihoitoa	1 kpl
2. puhdas betonipinta, jälkihoitoaine: Masterkure 112	1 kpl
3. pinnoitettu: PentraSil 244+, (1l/12m ²) jälkihoito, vesi+muovi (30 vrk)	1 kpl
4. puhdas betonipinta, jälkihoito: vesi+muovi (30 vrk)	1 kpl
5. pinnoitettu: MasterTop 100, 5 kg/m ² jälkihoito, vesi+muovi (30 vrk)	1 kpl
6. pinnoitettu: SemQuarz 300, 5 kg/m ² jälkihoito, vesi+muovi (30 vrk)	1 kpl

Taulukko 8. Böhme-testin tulokset kootusti.

Koekappale	Tiheys [g/mm ³]	Painonmuutos [g]	Tilavuuden muutos [mm ³]	Kuluminen [1000 mm ³ / 5000 mm ²]
1	0,00223	26,60	11912	11912
2	0,00230	31,90	13853	13853
3	0,00229	24,80	10849	10849
4	0,00227	28,10	12370	12370
5	0,00224	12,50	5578	5578
6	0,00229	24,20	10578	10578

5.3 Kulutuskestävyyden Böhme-luokitus

Taulukko 9. Sirotteiden Böhme-luokat.

Luokka	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1,5
Kuluma [cm ³ / 50 cm ²]	22	15	12	9	6	3	1,5

Taulukko 10. Böhme-luokka, tulosten perusteella.

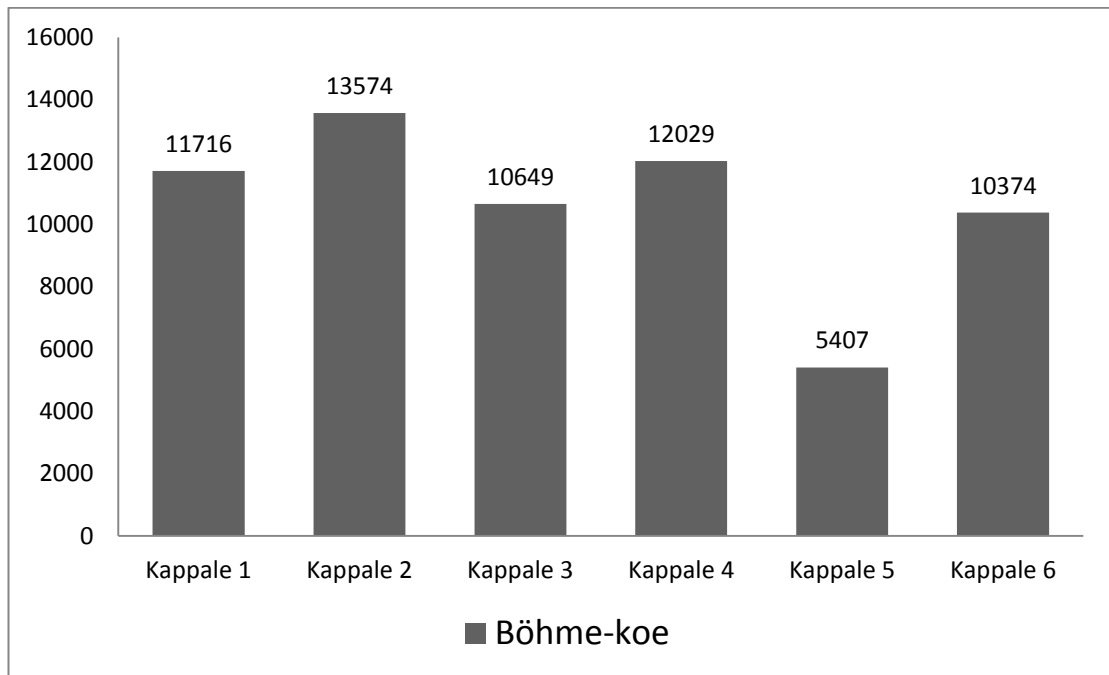
Kappale	1	2	3	4	5	6
Kuluma [cm ³ / 50 cm ²]	11,9	13,9	10,8	12,4	5,6	10,6
Böhme-luokka	A12	A15	A12	A15	A6	A12

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Böhme-testin tulosten tarkastelu

Parhaiten kulutusrasitusta kesti pinnoitettu koe-kappale numero 5, MasterTop 100. MasterTop 100 oli ylivoimainen, ollen kulutuskestävyydeltään lähes kaksi kertaa parempi kuin toiseksi parhaiten sijoittunut koe-kappale numero 6, SemQuarz300. Kolmanneksi parhaiten kulutusta kesti koe-kappale numero 3, PentraSil 244+. PentraSil 244+ oli vain hieman heikompi kuin toiseksi sijoittunut, SemQuarz300. Testissä neljänneksi sijoittui kappale numero 1, jälkihoitamaton puhdas betonipintainen koe-kappale, joka oli parhaiten kulutusta kestävä pinnoittamaton koe-kappale. Viidennelle sijalle asetui kappale numero 4, vesi + muovi jälkihoidettu, puhdas betonipintainen koe-kappale. Huonoiten testissä menestyi koe-kappale numero 2, ruiskutettavalla jälkihoitoaineella, masterkure 112 käsitelty, puhdas betonipintainen koe-kappale. Koko kulutuskestävyysskoheen vaihteluväli oli 5407–13574 mm³/5000 mm² ja

keskihajonta $4083,5 \text{ mm}^3/5000 \text{ mm}^2$. Böhme-testin lasketut tulokset on esitetty taulukossa 8 sekä kaaviossa 1.



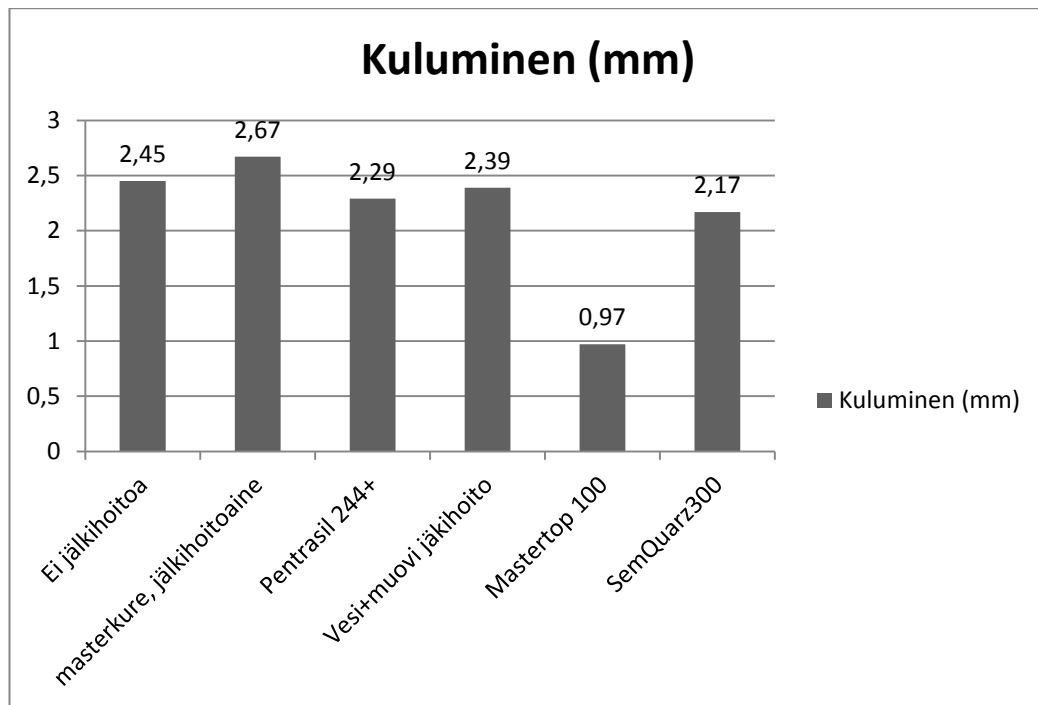
Kaavio 1. Böhme-testissä saadut kulutus-arvot $1000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$.

Taulukossa 9 on esitetty siroteiden Böhme-luokat. Testin tulosten perusteella lasketut Böhme-luokitukset on esitetty taulukossa 10.

6.1.1 Kulutuskokeen tulosten tarkastelu (mm)

Kulumisen erot on esitetty kaaviossa 2. Koe-kappaleiden kulumisen millimetreinä ilmoitettuna on "kansanomaisempi" tapa kertoa kulutuskestävyyden erot. Tulosten vaihteluväli oli 0,97 - 2,67 mm. Keskihajonta 0,85 mm. Parhaiten kulutusrasitusta kestäneen ero heikoiten kulutusta kestäneeseen oli 1,7 mm. Jos testiä vastaava kulumisen määrä ilmoitettaisiin pölyn määränä, niin se tarkoittaisi 500 m^2 lattia pinta-alalla, että masterTop 100, sirotepinnoitettu lattia tuottaisi pölyä n. 485 litraa ja puhtaat betonipintaiset lattiat keskimäärin n. 1252 litraa. Huomiota testissä herätti se, että PentraSil 244+ ja pinnoittamattomat koekappaleet kuluivat siinä määrin, että kappaleiden isoimmankin raekoon runko kiviainekset hioutuivat voimakkaasti ja syvälle. Itse

oletin, että kuluminen hidastuisi merkittävästi kunnes kulutuslevy saavuttaa betonimassan ison raekoon runkoaineeksen. Ehkä tästä voidaan päätellä, että ilman pinnoitteita kulutuskestävyys ominaisuutta tavoiteltaessa betonimassan runko kiviaineksen kovuudella on suuri merkitys.



Kaavio 2. Kuluminen ilmoitettu millimetreinä.

6.2 Yhteenveto

Tulokset viittasivat siihen, että pinnoittamattoman betonilattian suurempi kuluminen johtuu sen heikommasta runko kiviaineksesta ja heikomman lujuuden omaavasta sementin laadusta. Testin tulosten mukaan kulutusrasitetuissa betonilattioissa olisi järkevää käyttää kuivasirotteita. Testin mukaan myöskään jälkihoitomenetelmillä ei ollut merkitystä. Ilman jälkihoitoa jäänyt koe-kappale kesti kulutusrasitusta yhtä hyvin kuin jälkihoidetut pinnoittamattomat koe-kappaleet. On syytä muistaa, että jälkihoidon pääasiallinen tarkoitus on betonin pinnan sulkeminen, estäen liian nopea veden haihtuminen sekä siitä johtuva mahdollinen betonin halkeilu. Jälkihoidon ensisijainen tarkoitus ei ole kulutuskestävyyden parantaminen.

Betonilattioihin kohdistuvan nastarenkaan aiheuttaman rasituksen testaamiseksi, ei Böhme-testi sovellu. Böhme-testissä koestettavaan kappaleeseen kohdistuu vaakasuora hankausvoima mutta ei iskuvaikutusta, mikä on hankaustakin merkittävämpi tekijä nastarengaskulumista ajatellen. Kuivasirotteen huomattavasti paremman kulutuksen keston ansiosta voidaan kuitenkin päätellä, että sirote pinnoite kestää paremmin myös nastarenkaan aiheuttamaa rasitusta.

6.3 Virhetarkastelu

Koe-kappaleet ovat valmistettu samasta betonimassa erästä. Koe-kappaleet ovat olleet koko ajan samoissa olosuhteissa valmistuksen, varastoinnin, kuljetuksen sekä testauksen ajan, joten ne ovat keskenään täysin vertailukelpoiset. Testissä käytetyt työkalut ja laitteet olivat virallisia ja kalibroituja.

Työ on muilta osin toteutettu Standardin SFS-EN 13892–3:2004 mukaisesti. Testissä käytettyjen koe-kappaleiden määrä oli kuitenkin suppea, mikä suo mahdollisuuden mahdollisille virheille. Aivan täydellisen varmuuden saaminen vaatisi laajemman, koe-kappale määrältään runsaamman testin.

7 KUSTANNUSEROT

7.1 Kustannuserojen tulokset

Esimerkissä 1, laskettu kohde on lattia pinta-alaltaan 500m² halli. Kustannukset ja kustannuserot on esitetty taulukossa 12. Valutapahtuma sisältää kahden rakennusmiehen työpanoksen, betonin pumppauksen, betonin kuljetuksen, valutyön urakoitsijan ja pinnoitteet. Kustannusten laskelmissa on otettu huomioon ainoastaan betonimassan levitys, koneellisesti teräs-siipi hierretyn pinnan teko ja mahdolliset pinnoitteet. Muut kulut ovat mielestäni pakollisia

kuluja. Eli käytettiinpä valutyöhön urakoitsijaa ja pinnoitteita tai ei, niin lattian valu vaatii yleensä vähintään kaksi rakennusmiestä, betonimassan, betonin kuljetuksen ja betonin siirron kohteeseen. Eli laskelmiin sisältyy vain betonin levitys haluttuun korkoon, koneellisesti siivekkeillä tehty teräshierto ja mahdolliset pinnoite aineet. Esimerkin hinnoittelussa on käytetty Joensuun seudun keskimääräistä hintatasoa.

Taulukko 12. Esimerkki 1, kustannukset.

Pinnoitustapa	Kustannus, euroa / m ² . ALV 0 %.	Kustannus, euroa / 500 m ² . ALV 0 %.	Kustannusero, euroa / 500 m ² . ALV 0 %.
Puhdas betonipinta	5,5	2750,00	0,0
PentraSil 244+, (1 l/12 m ²)	9,0	4500,00	1750,00
Sirotepinnoite, (5 kg/m ²)	15,0	7500,00	4750,00

Esimerkissä 2, laskettu kohde on lattia pinta-alaltaan 50m² autotalli. Kustannukset ja kustannuserot on esitetty taulukossa 13. Valutapahtuma toteutettu samoilla ehdoilla kuin esimerkissä 1.

Taulukko 13. Esimerkki 2, kustannukset.

Pinnoitustapa	Kustannus, euroa / m ² . ALV 0 %.	Kustannus, euroa / 50 m ² . ALV 0 %.	Kustannusero, euroa / 50 m ² . ALV 0 %.
Puhdas betonipinta	6,0	300,00	0,0
Pentrase 244+	10,0	500,00	200,00
Sirotepinnoite	18,0	900,00	600,00

7.2 Kustannuserojen tarkastelu

Esimerkissä 1, 500 m² hallin kustannusero on puhtaan betonipinnan ja PentraSil 244+:n välillä on 1750 euroa. Betonipinnan ja sirotteen välinen hintaero on 4750 euroa.

Esimerkissä 2, 50 m² autotallin kustannusero on betonipinnan ja PentraSil 244+:n välillä 200 euroa. Betonipinnan ja sirotteen välinen hintaero on 600 euroa.

Sirotteen perustamiskustannus on selväsi suurempi kuin puhtaan betonipinnan, mutta sirotteen käyttökustannus on halvempi ja käyttöikä on paljon pitempi. Sirotteen perustamiskustannus on noin 1,7 kertaa betonipintaiseen lattiaan verrattuna. Kulutusta sirote kestää testin mukaan noin 2,5 kertaa paremmin kuin puhdas betonipinta. Karkeasti arvioituna tämä tarkoittaa sitä, että käsittelemätön betonilattia pitäisi korjata tai uusia ainakin kaksi kertaa sirotteen käyttöiän saavuttamiseksi. Eli lattian uusimisessa täytyisi maksaa kaksi kertaa perustamiskustannukset, sekä vanhan lattian purkutyöt. Lisäksi mahdolliset lattiassa olevat tekniset varusteet/laitteet, kuten esimerkiksi lattialämmityksen kaapelointi tai putkisto. Jos lattiaa ei tarvitse uusia kokonaisuudessaan, vaan riittää pelkkä pintaremontti, silloin korjaus vaihtoehdot ovat lattian pinnan jyrsintä tai hionta, riippuen lattian vaurioasteesta.

Päädytäänpä uusimaan lattia kokonaan tai remontoimaan, niin kyseisen tilan toiminta keskeytyy korjaustöiden ajaksi. Yksityiselle toiminnan keskeytys ei välttämättä aiheuta taloudellista tappiota mutta yritykselle kylläkin. Karkeasti ottaen yritykselle koituva taloudellisen tappion laajuus riippuu siitä, että onko kyseessä varasto- vai tuotantotila. Yrityksen tuotannon keskeytyessä taloudelliset tappiot ovat yleensä mittavat, jopa mahdottomat.

Käsittelemättömän betonipinnan aiheuttamasta mahdollisesta pölyämisestä voi koitua terveysongelma, mitä ei voi rahassa mitata.

8 POHDINTA

Opinnäytetyöni tekoa käytännön asioissa helpotti se, että olin toiminut urakoitsijana betonilattioiden, pinnoitelattioiden ja betonirungon valutöiden parissa noin 8 vuotta. Opinnäytetyöni teoriapuoleen, kuten laki, säädökset ja asetukset, sain perehtyä hyvin laajasti, koska Suomessa rakennusten yleiset laatuvaatimukset määräytyvät lain, säädösten ja asetusten mukaisesti. Opinnäytetyötä tehdessäni minun täytyi tutustua myös varsinaisen opinnäytetyöni aihetta hieman sivuavaan aineistoon, jonka uskon olevan hyödykseni myös myöhemmissä työtehtävissäni.

Minulta kysytään työelämässä todella usein lattian ominaisuuksista etenkin lattian pölyntuotosta ja kulutuskestävyydestä, sekä eri pinnoite vaihtoehtoista. Jos minulla olisi alalta 30 vuoden työkokemus, niin voisin suositella kokemuksen tuomalla tiedolla parhaita mahdollisia lattia ratkaisuja. Niinpä pidempää työkokemusta odotellessa minun täytyy perehtyä alan kirjallisuuteen, lakiin ja asetuksiin, sekä testattuihin faktoihin, että voin saada mahdollisimman laadukkaan lopputuloksen.

Koen insinöörin koulutuksen tuovan korvaamattoman hyödyn, turvallisen ja laadukkaan rakentamisen parissa. Laadukkaan, käyttötarkoitustaan vastaavan lattian ja rakennuksen kokonaisrakenneratkaisut koostuvat hyvin monista eri asioista. Olen vahvasti sitä mieltä, että pelkkä käytännön kokemus ei riitä parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Vahva käytännön kokemus kuitenkin auttaa ymmärtämään insinöörikoulutuksen tuomia tietoja, sekä teorian tarkoituksia ja rakennuksia kokonaisuutena.

LÄHTEET

BASF Oy. MasterTop kuivasirotteet. [viitattu 13.1.2015]. <http://www.master-builders-solutions.basf.fi/fi-fi/products/mastertop>.

BS 8204-2:2002, Screeds, bases and in situ floorings. Concrete wearing surfaces. Code of practice.

CERING Oy. Miksi litium?. [viitattu 2.12.2014]. <http://www.pentra.fi>.

CERING Oy. Tuotteet. [viitattu 1.12.2014]. <http://www.pentra.fi>.

DIN 18560, part 7.1992. Floor screeds, Heavy-duty screed.

RT 14-11039 2011. Tasaisuuden mittauss. Mittalauta ja kiila –menetelmä. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS-EN 12620 2003. Betonikiviainekset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto Oy.

SFS-EN 13813 2002. Tasoitemassat ja lattiatasoitteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto Oy.

SFS-EN 13892-3:2004. Methods of test for screed materials. Part 3: Determination of wear resistance-Böhme. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto Oy.

SFS-EN 13892-4:2003. Methods of test for screen materials. Part 4: Determination of wear resistance-BCA. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto Oy.

SEMTU.fi Kuivasirotteet ja lattiapinnoitteet. [viitattu 14.1.2015]. <http://www.semtu.fi/fi/tuotteet/lattiasirotteet-ja-pinnoitteet/>.

Suomen Betonilattiayhdistys Ry. Suunnittelu- ja työohje kuivasirotteiden käyttämisestä betonilattioissa. [viitattu 12.1.2015]. <http://www.bly.fi/file/BLY16.pdf?rnd=1390297845>.

Suomen Betoniyhdistys. 2004. Betonitekniikan oppikirja By 201. 6. Uudistettu painos, lisäpainos. Helsinki: BY – Koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys. 2014. Betonilattiat By 45 / BLY 7. Helsinki: BY - Koulutus Oy.